Integración de las Técnicas de Mantenimiento en un Generador Electro hidráulico

R. Dufrechou, *Member, IEEE.*

Resumen -- Este trabajo pretende mostrar cómo se planifican y realizan las tareas, de acuerdo a las instrucciones y planes de mantenimiento entregados por los proveedores del equipamiento, la experiencia previa, las necesidades preventivas existentes, las actualizaciones necesarias para mantener la confiabilidad y al tiempo de indisponibilidad necesario.

Como se fueron desarrollando las herramientas manuales e informáticas utilizadas desde el inicio hasta nuestros días.

Quienes son los responsable de la programación y de la coordinación entre las áreas.

Cuando reunirse con otros sectores para resolver algunos problemas que pueden entorpecer el desarrollo de lo planificado (antes y durante).

Como se prepara al personal propio, y como sondear y preparar personal de otros sectores o de terceros para colaborar con los trabajos.

Cuando y con quien iniciar la preparación previa en relación a los trabajos y a la seguridad, de todo el personal seleccionado.

Como se prepara con antelación el teatro de operaciones, el acopio de herramientas, los materiales, los repuestos, los equipos auxiliares, la iluminación adicional, la delimitación de las áreas, etc...

Inicio de los trabajos, definición de los horarios, distribución de las tareas y periodo de conocimiento y adaptación entre los actores.

Seguimiento del programa planificado por medio del Diagrama de Gantt y corrección u adaptación del mismo, de acuerdo a las circunstancias.

***Palabras claves* — Mantenimiento, generador, planificación, organización.**

I. NOMENCLATURA

Ninguna

II. INTRODUCCIÓN

El Complejo Hidroeléctrico de Salto Grande es un aprovechamiento múltiple del río Uruguay, realizado en conjunto por la República Argentina y la República Oriental del Uruguay.

Es ésta la primera obra de carácter binacional concretada en América Latina y su objetivo es el de obtener el mayor beneficio de los recursos naturales que ofrece el río, para el desarrollo económico, industrial y social de ambos países.

Desde su formación, el 30 de diciembre de 1946, la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande fue y es responsable de la construcción y explotación de este complejo.

El 1º de Abril de 1974 se comenzó la construcción, a partir del 12 de julio de 1979 entró en funcionamiento el primer generador, el 14 de diciembre de 1982 entró en funcionamiento el último, completándose 1890 MW de potencia.

La Central, con dos Salas de maquinas en ambas márgenes del río, cuenta con 14 unidades generadoras con turbinas de tipo Kaplan para una potencia de 187500 CV bajo una caída neta de 25,30 metros y una velocidad de sincronismo de 75 rpm. El diámetro de las turbinas es de 8,50 m.

Cada generador tiene una potencia nominal de 150 MVA con factor de potencia 0,9, tensión de 13,8 KV y tiene su propio Interruptor.

Cada rotor de generador tiene un peso de 600 toneladas y su diámetro es de 13,5 m.

El área embalsada es de 785 km^2 con un volumen de 5500 hm^3. En conjunto las 14 turbinas son capaces de turbinar 8540 m^3/seg.

III. TRABAJO TECNICO

A. Planificación del mantenimiento de un generador electro-hidráulico

La Gerencia de Generación tiene la responsabilidad de coordinar todas las actividades que desarrollarán las áreas a su cargo para optimizar el Mantenimiento Capital en los periodos de estiaje.

Cada unidad generadora es retirada del servicio con un periodo de 8 años, con pequeñas variantes a fin de aprovechar crecidas del río que se pueden presentar imprevistamente y la situación de su entorno.

Todos los sectores hacen llegar sus necesidades de mantenimiento para este periodo, la Gerencia realiza la evaluación de las solicitudes, lo discute con la Gerencia General quien observa y modifica para que guarde coherencia con el plan estratégico general e implementan un Plan de Acción para el periodo de estiaje.

En el periodo pasado (07-08), la ejecución de las tareas críticas en doble turno y/o en horario extraordinario redujo a 4 meses la indisponibilidad de Unidades en vez de los 6 meses que hubiera correspondido para el mantenimiento.

B. Herramientas de gestión manuales e informáticas utilizadas

En un principio, fue necesario integrar todas las instrucciones de mantenimiento que establecían los manuales

dejados por los distintos proveedores del equipamiento en un plan maestro. Por supuesto todo a mano.

El mantenimiento inicial como siempre fue correctivo, pasando a preventivo a la vez que detectivesco al poco tiempo, es decir que fue necesario identificar que tareas deberíamos hacer con fines preventivos y predictivos, y cuales deberían ser consideradas como eventuales, en base a su estado o condición.

En la era informática se fueron recogiendo todas las tareas en distintas bases de datos, para posteriormente integrarlas en software específicos.

Actualmente se esta trabajando con el software de mantenimiento MPX, constituyéndose en una herramienta muy importante para el control de la gestión.

La propuesta de certificación de nuestros sistemas de gestión con la norma de calidad ISO 9001-2000, hizo necesario elaborar gran cantidad de procedimientos que documentaron por escrito el desarrollo de las tareas que se realizan.

Posteriormente se integraron las condiciones de seguridad y la protección del medio ambiente para certificar en ISO 14000.

Actualmente, todos los funcionarios que ingresen al sistema pueden conocer como se realizan, cuales son los objetivos y quienes son los responsables de cada actividad.

Los nuevos funcionarios que ingresan a Salto Grande, toman conocimiento de como son los trabajos, cuales son las medidas de seguridad, que herramientas y materiales son necesarios, etc., antes de realizar por primera ves una tarea. Facilitando de esta manera, la enseñanza que le brindaran sus compañeros de mayor antigüedad y sus jefes.

C. Desarrollo del programa de mantenimiento global

Con todas las tareas aprobadas, la gerencia de generación también elabora un proyecto preliminar de trabajo que lo distribuye entre las áreas de mantenimiento para conocimiento, estudio y corrección.

En este proyecto se define el camino crítico a seguir, como así también quien y en que momento desarrollará la actividad.

El proyecto para un generador consta de aproximadamente 200 tareas, que se deben cumplir en seis semanas calendario. En el mismo se distinguen las áreas y los sectores involucrados identificados convenientemente.

Por ejemplo:

EP – Eléctricos Principales
MP– Mecánicos Principales
AU – Automatismos
HR – Hidráulica y Regulación
DO – Departamento Operaciones
MA – Mecánicos Auxiliares
EA – Eléctricos Auxiliares
TM – Taller Mecánico

Dentro del programa se establecen con claridad entre otras cosas:

Los tiempos asignados a cada tarea con la tolerancia adecuada, excepto las tareas en camino critico que en su mayoría no tienen tolerancia.

Los días y horarios de trabajo.

La cantidad de personas previstas y el cargo.

D. Inclusión de tareas programadas de tipo preventiva, correctiva, oportuna, de mejora y de estudio.

No hay excepciones y todo lo que sea necesario realizar en este periodo tiene su lugar en el programa.

Tareas rutinarias de control y prevención, como ser mediciones de aislamiento, ajuste de conexiones en barras y borneras, limpiezas y retiro de suciedad acumulada por el servicio, son incluidas.

También se prevén tareas correctivas por situaciones que se dan con la unidad en servicio. Como ser el cambio de insertos en las barras de salida del generador.

Durante el funcionamiento se detectaron temperaturas diferentes, superiores a lo normal, como consecuencia de la pérdida de ajuste en los bulones que sujetan los flexibles de conexión.

Cuando sale de servicio la máquina para mantenimiento se desconectan los flexibles para separar el generador de las barras, en esa instancia se controla si los insertos están correctamente fijados a la barra. Si no fuera así, son retirados y cambiados.

Tareas de mejora como ser el recambio del sistema de excitación o el recambio de porta escobillas, son realizadas.

Varias tareas predictivas o de estudio se realizan para observar el estado del aislamiento del bobinado estatórico.

Los ensayos de alta tensión con C.C. y C.A., se realiza para evaluar el estado del aislamiento. Con la información rescatada de actualizan las graficas indicativas de tendencias de envejecimiento y detectar fallos cercanos.

Tenemos instalados en nuestros generadores, detectores de descargas parciales. Dos veces por año se realizan mediciones ON LINE, y en este periodo se realizan OFF LINE.

E. Búsqueda de los recursos técnicos necesarios

Esta etapa es una a la que particularmente le doy mucha importancia. En ella debo asegurarme que tengamos todos los materiales, repuestos, herramientas, accesorios, etc., en obra y en condiciones de ser utilizados. De lo contrario debemos realizar todos los esfuerzos para contar con ellos para el momento en que los necesitemos.

Existe gran cantidad de material que tiene renovación automática de stock, para ello el sector de administración de bienes (almacenes) se encarga de los mismos. Es decir: solvente, trapos, barnices, pinturas, bulones, entre otros.

Otros materiales cuyo consumo varía de un mantenimiento a otro, son evaluados anualmente y de ser necesario se realizan

los pedidos de compra correspondientes. Como ejemplo podemos nombrar las cuñas y suplementos de ranura para el bobinado estatórico.

Los tableros portátiles, aspiradoras, ventiladores, prolongaciones, aparejos, surtidores de agua, heladera, elementos de seguridad, etc., son revisados y acondicionados. En verano tenemos una temperatura cercana a los 40 grados diariamente.

F. Pre-Selección del personal de acuerdo a las necesidades.

Sin dudas, lo mas importante de toda organización son las personas y en mantenimiento sin ellas no podría funcionar, por ello contar con gente especializada e identificada con el trabajo facilita la conducción y fundamentalmente el desarrollo del mismo.

Si bien la división cuenta con personal propio, el mismo no es suficiente para cumplir con las expectativas de tiempo que prevé la gerencia en estos periodos de mantenimiento y por lo tanto es necesario ampliar la plantilla.

Principalmente se requiere la participación de técnicos y en menor medida personal para limpieza. Se orienta la búsqueda hacia aquellos técnicos de otros sectores que tengan afinidad con el personal de mi sector. Después de hablar con ellos y asegurarme de que entienden nuestras necesidades, en el sentido de cumplir bien y en tiempo con determinados trabajos, informo a la jefatura los nombres de las personas seleccionadas, para que realice las gestiones ante las otras divisiones del área.

Se completa el equipo con personal que nos suministra una Cooperativa de Servicios que desde siempre trabaja con nosotros. Le indicamos nuestras preferencias técnicas y ellos nos presentan una lista con los antecedentes de cada postulante, en su mayoría estudiantes de la carrera de Ingeniero Tecnológico de la Universidad del Trabajo del Uruguay en Salto, prefiriendo a quienes trabajaron con nosotros anteriormente.

Para las tareas de limpieza, recurrimos dentro de esta cooperativa a quienes ya conocen nuestro trabajo y han colaborado anteriormente.

G. Capacitación técnica y de seguridad

En las semanas anteriores a la fecha prevista para el inicio de los trabajos, todo el personal involucrado en las tareas de mantenimiento de todas las áreas, es informado en reuniones con las jefaturas sobre las tareas que se realizaran y los cuidados que se deben tener para trabajar dentro del generador.

La Unidad de Gestión en Seguridad e Higiene Laboral, también realiza reuniones en todos los sectores informando sobre los elementos de protección personal que son de uso obligatorio, promoviendo el uso de los mismos. Por otra parte, se asegura de que todo el personal, incluido el contratado disponga de dichos elementos.

Además es obligatorio usar elementos de seguridad, como ser:

Lámparas portátiles de iluminación para 24 Volts.

Transformadores con tensión de salida de 24 Volts.

Distribuidores de tensión con tomacorrientes de 380V y 220V con interruptores diferenciales y termo magnéticos para protección.

Protectores faciales

Guantes de cuero, de hilo, de nitrilo o aislantes, se utilizaran de acuerdo al trabajo.

Herramientas adecuadas y en perfectas condiciones.

Esta Unidad suministra los elementos de señalización y delimitación de las áreas de trabajo, responsabilizando a los supervisores y oficiales con personal a cargo las medidas de seguridad adecuadas a cada situación.

Por otro lado, semanalmente realizamos reuniones de coordinación entre todos los involucrados en el proyecto, para evaluar las condiciones de trabajo y resolver las situaciones riesgosas.

Por ejemplo, hay una situación que se da cuando es necesario realizar el lavado del rotor del generador de señal de velocidad (PMG). Este equipo absorbe durante su funcionamiento gran cantidad de polvo de carbón de las escobillas de excitación mezclado con aceite hidráulico formando una pasta sobre el bobinado.

Para esta tarea se aplica solvente con rociador, formando una nube de elementos tóxicos, por tal motivo se realiza fuera del horario normal de trabajo. Solo están presentes los limpiadores con el oficial a cargo y con los elementos de protección personal adecuados.

Otra situación se da con la limpieza del rotor del generador. En este caso se utilizan trapos embebidos en solvente, afectando a todos los que están en la zona.

Para realizar esta tarea se instalan ventiladores adicionales que mueven el aire hacia el exterior del recinto, no realizando la limpieza en zonas con personal trabajando hasta que estas pasen a otro sector del generador.

Lo mismo sucede cuando se realiza el mantenimiento de los enfriadores del estator y hay gente trabajando en las ranuras del mismo. Para esta tarea se utilizaban hidrolavadoras con agua que además de ser peligrosa para el aislamiento del bobinado, producían mucho ruido. Se le dio prioridad al trabajo en el estator y es el trabajo en los enfriadores que se debe realizar cuando no hay gente en la zona.

Actualmente se cambió la metodología de trabajo y los enfriadores se retiran fuera del recinto para ser lavados en el exterior y luego se traen ya en condiciones. También en este caso debido al excesivo ruido de las pistolas neumáticas para el ajuste de los bulones, este trabajo se realiza sin personal en el estator.

H. Inicio de los trabajos. Periodo de adaptación

Después de la planificación viene la etapa de ejecución del plan de mantenimiento.

Cuando se establece la fecha de inicio del mantenimiento y los objetivos que se pretenden alcanzar, todos los sectores deben gestionar los recursos necesarios para lograrlos. Días antes deben elaborar las solicitudes de Permiso de Trabajo y presentarlas al área de operaciones para que realice las gestiones necesarias ante los despachos de carga de ambos países.

Los trabajos se inician después de abierto el Permiso de Trabajo y se den las medidas de seguridad solicitadas en el mismo.

Este P. de T. esta compuesto por original y copia. El responsable lo gestiona ante el personal de operaciones y ambos firman el mismo, el original queda en poder de operaciones y una copia en poder del solicitante.

Los supervisores delimitan las zonas de trabajo con barandas, cintas y carteles indicadores.

Los equipos de trabajo se forman haciendo una mezcla de personal del sector, de otros sectores y del contratista, uniendo experiencia y juventud. De acuerdo a la contingencia o situación las personas reaccionan de diferente forma y es necesario que el supervisor interprete correctamente ese sentir. De la elección correcta dependerá el desarrollo de las tareas.

De todas maneras, en organizaciones grandes como la nuestra donde el ambiente cambia permanentemente e influye en el comportamiento de los miembros es necesario rotar y motivar eficazmente la fuerza de trabajo.

Siempre se debe respetar la jerarquía del trabajador, no se deben asignar tareas de mayor o menor responsabilidad que la que le corresponde por su cargo. Si hay necesidad de asignar una tarea de mayor jerarquía, es muy importante expresarle a esa persona que acepta hacer el trabajo, que la responsabilidad siempre será del supervisor.

Hay dos valores a resaltar, primero la confianza que el supervisor tiene en su personal y segundo el respaldo que siente el trabajador al confiársele la tarea.

Es mi costumbre recordar al ordenar una tarea, los procedimientos, las condiciones de seguridad y toda otra información que pueda ser necesaria para influenciar eficazmente en el desarrollo de la misma.

Es por eso que en el periodo inicial y posterior de adaptación al trabajo y a sus compañeros, el supervisor este presente. Es muy fácil cargarles la culpa a los demás, de los errores propios. Y siempre sucede que la culpa es del otro. Hay que evitar esta situación y ayudar a cada equipo a superar los problemas, para optimizar el desarrollo del mantenimiento.

I. Relaciones con otros sectores y flexibilización en la búsqueda de entendimiento.

Todos quienes intervienen en el mantenimiento, quieren realizar su trabajo en tiempo y forma. Ante esta situación además de las reuniones previas para eliminar posibles interferencias, estas normalmente suceden. Y suceden naturalmente, porque alguien termino antes o después un trabajo y debe ir o dejar un sitio y seguramente alguien debe hacer algo en ese lugar.

El supervisor debe estar en la zona de trabajo, no es posible llevar adelante con eficacia un programa de mantenimiento si las decisiones no son tomadas cuando corresponde. En ese momento hay que estar ahí, prever antes de que suceda y estar preparado para buscar las alternativas posibles y acordar la solución. Por lo tanto hay que demostrar dinamismo, conocimiento y flexibilidad.

Nadie quiere estar en falta por causa ajena, así que lo mejor es acordar y entenderse. Y normalmente se logra, porque el objetivo es el mismo.

J. Desarrollo y seguimiento del plan de mantenimiento con Diagrama de Gantt

En toda gestión hay cuatro etapas fundamentales que cumplir: planificar, organizar, dirigir y controlar. Para desarrollar ordenadamente el plan de mantenimiento del generador utilizamos dos programas informáticos que respaldan nuestro trabajo eficazmente y nos ayudan a realizar el control de la gestión, ellos son Project y MPX.

Con el primero se ordenan y planifican todas las tareas para ejecutar el plan adecuadamente, con el segundo se dirigen todas las órdenes de trabajo hacia los responsables de llevarlas a cabo.

Las ordenes de trabajo (OT), contienen la información necesaria para desarrollar la tarea. En ella están los materiales, los trabajadores, los tiempos, los procedimientos e instructivos, y las planillas de medición y control si fueran necesarias.

Para el mantenimiento eléctrico del generador, se emite una OT para cada tarea. Ello permite un seguimiento muy fino del desarrollo del programa.

En un principio se tenían agrupadas varias tareas en un solo ítem, con lo cual el control de la gerencia se dificultaba. No era posible llevar adelante un control preciso del mantenimiento para identificar correctamente que tareas insumían mayores tiempos o recursos.

K. Actuación ante imprevistos, descubrimiento de fallas y oportunidades de mejora

Siempre hay algo para corregir o para atender. En el estiaje pasado, después de realizar la limpieza del estator del PMG, se efectuó la medición de la resistencia de aislamiento. Al dar bajo valor y después de revisar el bobinado y no encontrar el problema, se resolvió cambiar el estator. Fue necesario actuar con celeridad y en pocas horas ya teníamos el recambio en la central. Se limpiaron y controlaron las conexiones como así también la resistencia de aislamiento.

Se aviso a M.M. de la novedad y que deberían tomar las medidas necesarias para su ajuste y montaje.

Como oportunidad de mejora se realizo el recambio de los

insertos en las barras de salida.

También se cortaron algunas chapas que por su tamaño dificultaban la extracción y colocación de las mismas.

L. Horarios y métodos de trabajo

Los horarios de trabajo se fijaron en base al programa de mantenimiento. Se implemento por primera vez un sistema de dos turnos para realizar el mantenimiento mecánico, conservando el sistema de horario extendido con horas extras para el mantenimiento eléctrico. Además y de acuerdo a las circunstancias, el horario de algunas personas se modifica para adaptarlo a las condiciones especiales de trabajo.

Para cumplir con las metas del programa fue necesario modificar algunos métodos de trabajo, incorporando más personal en diferentes áreas.

Al realizar dos turnos los mecánicos, el trabajo de ellos se adelantaba considerablemente, por lo que nosotros teníamos que avanzar rápidamente en nuestro trabajo del acuñado del estator para estar al día. Normalmente se trabajaba en dos sectores del estator, retirando 5 polos por sector a 180º con 6 personas en 24 días aproximadamente.

Se resolvió cambiar a tres sectores, retirando 6 polos por sector a 120º y empleando 12 personas en tres equipos. Encabezados por los oficiales especializados de la división y secundados por los oficiales de otros sectores y el personal contratado, el acuñado de cada maquina se realizo en 11 o 12 días cumpliendo el objetivo del programa.

M. Finalización del mantenimiento.

La etapa final se completa con la puesta en marcha de la unidad. Todos los involucrados en el mantenimiento han terminado sus trabajos y las autorizaciones otorgadas por el área de operaciones se han cancelado.

Nosotros solicitamos el giro en vacío de la unidad, sin excitación, para pulir los anillos rozantes del rotor. Mientras, los otros sectores controlan el funcionamiento de sus partes y realizan los ajustes necesarios.

Después de pulir solicitamos la parada de la maquina, para montar los carbones en posición y dejarla en condiciones de excitar y poner en servicio.

Finaliza el mantenimiento de este periodo, pero empieza la preparación del próximo. Es necesario volver a comenzar, acondicionando todo el equipamiento utilizado, controlando los repuestos, materiales, herramientas, etc., y también comienza la recopilación de toda la información volcada en las planillas de mantenimiento. Hay que ingresarlas en los sistemas de gestión y actualizar la historia de las unidades.

No se puede parar, en mantenimiento siempre hay algo que hacer para mantener los activos en funcionamiento.

IV. ANEXO

Las siguientes son la mayoría de las tareas de mantenimiento del generador que se realizan en cada periodo de mantenimiento:

ITEM	TAREA
1	DESCONEXION FLEXIBLES GENERADOR Y NEUTRO Es la primera tarea que realizamos con el fin de separar físicamente el bobinado del estator de las barras de salida.
2	DESMONTAJE TAPAS DEL ALTERNADOR Simultáneamente se comienzan a aflojar los bulones que sujetan las tapas superiores del generador y proceder al retiro de las mismas.
3	DESMONTAJE POLLERAS INFERIORES Cuando hablamos de polleras inferiores, nos referimos a las chapas inferiores del generador. Estas se retiran para acceder al bobinado.
4	RETIRAR CARBONES Y SOLTAR YUGOS Los carbones del sistema de excitación son retirados completándose una planilla donde se anota la longitud de cada carbón y la presión del resorte. Los yugos que sostienen los porta-escobillas son soltados de los bulones de sujeción.
5	DESCONECTAR PMG El generador de señal de velocidad es retirado para limpieza y control. Por lo tanto se desconectan los cables de la bornera.
6	DESCONEXION DE POLOS El rotor del generador es del tipo de polos salientes. Para realizar trabajos en las ranuras del estator, se retiran algunos polos del rotor para trabajar en ese sector. En el último mantenimiento se seleccionaron tres grupos de 6 polos cada uno, desfasados 120 grados entre ellos. En los 18 polos del rotor seleccionados, se retiran las conexiones principales y las del bobinado amortiguador que los relaciona.
7	CONTROL DE CONEXIONES DE LOS CABLES DE EXITACION Los conductores que llegan desde el Tablero de Excitación son controlados en su ajuste.
8	DESMONTAJE DE POLOS Después de retirar todas las conexiones de unión entre los polos y las conexiones del bobinado amortiguador en los dos extremos, mantenimiento mecánico procede al retiro de los polos.
9	LIMPIEZA Y AJUSTE TXN En la celda del transformador de neutro del generador, se encuentra conectado al secundario de este una resistencia. Los trabajos que se realizan son

	los siguientes: Limpieza de celda Limpieza de transformador Limpieza de resistencia Limpieza de aisladores Ajuste bornes Ajuste accionamiento cuchillas del seccionador Medida de resistencia de aislamiento del TXN (2,5KV) Medida de resistencia de la resistencia de neutro Medida del aislamiento de la resistencia de neutro
10	LIMPIEZA Y AJUSTE CENTRO ESTRELLA La celda del centro estrella del generador es sometida a limpieza y control de conexiones. En ella están los transformadores de corriente del neutro, a estos se le realizan los controles y mediciones correspondientes. Tenemos 6 transformadores con tres secundarios cada uno y uno con dos secundarios. La relación de transformación es de 8000/1 A.
11	LIMPIEZA Y CONTROL DE DESCARGADORES +16 En las barras de salida del generador se encuentra la Celda de Medición de Tensión, donde están los transformadores de tensión y los descargadores de sobre tensión. Se realizan los ajustes y las mediciones de aislamiento correspondientes.
12	ACUÑADO DEL ESTATOR Esta es la tarea que nos lleva los mayores esfuerzos. En el periodo pasado dispusimos de 3 grupos de 4 personas cada uno, trabajando 10 horas diarias durante 2 semanas aproximadamente. El estator del generador tiene 792 ranuras, con 2 metros de largo cada una. Para mantener firmes las barras del bobinado se utilizan 16 cuñas en cada ranura.
13	LIMPIEZA DEL ROTOR El rotor del generador tiene 8 brazos o rayos que sujetan el paquete de chapas y los 80 polos salientes. Es necesario realizar una limpieza profunda que retire toda la suciedad acumulada al girar. Los canales de ventilación deben tratarse con mucha paciencia y cuidado, ya que por ellos circula el aire para el enfriamiento del estator.
14	DESMONTAJE ESTATOR PMG Se desmonta para retirar las pastillas del cojinete guía superior y para proceder a su limpieza en otro lugar.
15	DESMONTAJE YUGOS PORTACARBONES Se retiran para limpiarlos en otro lugar. Se utiliza solvente con rociador.
16	LAVADO CON SOLVENTE ESTATOR PMG Y YUGOS Se acumula gran cantidad de carbón con aceite en este bobinado, lo mejor que podemos hacer es limpiarlo con solvente en un lugar alejado del resto del personal.
17	LAVADO CON SOLVENTE ROTOR PMG No se retira el rotor del generador de señal de velocidad, por lo que la limpieza se realiza en el lugar donde esta instalado. Este rotor tiene 80 polos. Se prepara adecuadamente el área de trabajo, cubriendo el cojinete y otras piezas e instalando ventiladores convenientemente. En este periodo, solo el personal afectado a esta tarea permanece en el lugar y se realiza fuera del horario normal.
18	LIMPIEZA DE POLOS EXTRAIDOS La limpieza general de los polos no se puede realizar en forma óptima con los polos montados en el rotor. Los polos seleccionados para extraer, se eligen entre los que no fueron retirados en otros periodos. A estos polos se los limpia totalmente con solvente.
19	LIMPIEZA DE AVIONCITOS DE POLOS Les llamamos avioncitos a los soportes aislantes que sostienen las barras de conexión de los polos. Estos son limpiados junto a las barras de conexión. También se cambian los bulones y tuercas con daños y se arman con las chapas de seguro nuevas.
20	LIMPIEZA DE TAPAS DEL GENERADOR A todas las tapas se les pasa solvente con trapos, para limpiarlas de los restos de aceite y otros tipos de suciedad. Si fuera necesario realizar trabajos de pintura, se realizan en esta etapa.
21	MONTAJE ESTATOR PMG Después que los mecánicos terminan de controlar las pastillas del cojinete de generador, se monta el estator del tacogenerador. Esta tarea se realiza para armar nuevamente el cabezal KAPLAN, y con ello volver a poner en funcionamiento el sistema oleohidráulico para permitir el movimiento del rodete de la turbina y continuar con el mantenimiento de las palas del mismo.
22	COLOCACION DE YUGOS PORTACARBONES Igual que lo anterior, se monta para poder armar el KAPLAN.
23	LAVADO DEL ESTATOR DEL GENERADOR El lavado se realiza si al inspeccionarlo se encuentra aceite o suciedad excesiva en el bobinado. Al principio siempre se realizaba un lavado general de

	todo el estator con solvente a presión, y si bien daba el resultado esperado, corríamos el riesgo de perjudicar la pintura semiconductora que recubre las barras dentro de la ranura. Finalmente realizamos otro tipo de limpieza, atacando cada barra, cada ranura y todos los canales de ventilación, con trapos y solvente. De todas maneras si se encuentra aceite en las barras, acudimos al lavado con solvente a presión para limpiarlo.
24	MONTAJE DE POLOS DEL ROTOR Después de terminar los trabajos de revisión y reacuñado del estator se montan nuevamente los polos en el rotor.
25	CONTROL DE ENTRE HIERRO Y VERTICALIDAD Se controla con un calibre especial la separación que hay entre el rotor y el estator. Se realizan dos mediciones de entrehierro, una del rotor frente al estator y otra del estator frente al rotor. Para girar el rotor se utiliza un aparejo. Para este movimiento se retira el personal de todas las áreas. La verticalidad del estator se realiza en los cuatro ejes del generador.
26	CONEXION DE POLOS Y AMORTIGUADOR Con todos los polos en posición se realiza la reconexión de los mismos y del bobinado amortiguador.
27	CONTROL DE CORONA Y TACOS El efecto corona esta ligado a la alta tensión y en nuestros generadores esta presente. Se realiza una revisión completa del bobinado para encontrar las manchas indicadoras de este efecto. Se limpia la mancha y se cubre nuevamente con barniz. Los tacos que sujetan y separan todas las barras del bobinado del estator se revisan para asegurarse de que todas las ataduras están firmemente ajustadas.
28	CONTROL DE ONDULACIONES Y PAQUETES DE SECTOR Debido a los variados regimenes de carga y a los cambios de temperatura, los paquetes de chapa al principio se fueron deformando, produciendo ondulaciones. Para controlar este movimiento, se realizaron marcas en las columnas de soporte del paquete de chapas y se revisan en cada periodo de mantenimiento.
29	CONTROL Y AJUSTE DE BULONES GUIA Para sujetar los paquetes de chapa del estator, este tiene en la parte superior e inferior unas placas de ajuste. El trabajo consiste en controlar los bulones de estas placas y si alguno tiene luz, hay que ajustarlo.
30	CONTROL Y AJUSTE DE TORRES Les llamamos torres a los juegos de tacos aislantes que sujetan las barras de interconexión entre el bobinado estatórico. Se controlan que estén firmemente ajustadas.
31	CONTROL Y AJUSTE DE BULONES DE ANCLAJE. Se refiere al ajuste de los bulones de anclaje del estator. Con una maza de 5 kilos se aplica un golpe sobre la llave de ajuste, verificando un sonido similar a un golpe de campana.
32	CONTROL DE CONEXIONES Y REPARACION EN POLOS Todas las conexiones de los polos se controlan, si se encuentran condiciones de flojedad o rotura, se repara.
33	MEDICION DE IMPEDANCIA DE POLOS Con todos los polos conectados, se aplican 220 v de C.A. al rotor y se anota en una planilla el valor de corriente total y la tensión en cada polo, para calcular la impedancia.
34	CONTROL DE RESISTENCIA Y AISLACION PMG Una fuente de C.C. se utiliza para aplicar tensión y corriente al estator, tomar los datos y calcular la resistencia. La resistencia de aislamiento se mide con 500v.
35	MONTAJE DE POLLERAS INFERIORES Cuando se terminan todos los trabajos en el estator se vuelven a montar las tapas.
36	MANTENIMIENTO TXEXC Y CTR El transformador de excitación se encarga de reducir la tensión del generador para que el sistema de excitación la convierta en C.C. y la utilice en la excitación del generador. Se realizan todos los controles y ajustes propios de un transformador seco.
37	CONTROL DE AISLADORES Y BLINDOBARRAS La salida de corriente del generador se realiza por medio de barras blindadas de fases separadas. Estos conductores de aluminio con forma de caños cilíndricos, están separados del blindaje exterior por medio de aisladores de resina epoxi. Se retiran, limpian y ajustan todos los aisladores. Posteriormente se realiza una medición de aislamiento.

38	AJUSTE DE YUGO Y COLOCACION DE CARBONES El yugo portacarbones se pone en posición y se ajusta al nivel de los anillos rozantes. Se conectan nuevamente los carbones y se dejan colgando del yugo.
39	MEDICION DE AISLACION POS ACUÑADO Después de terminar el trabajo en el estator se realiza una medición de la resistencia de aislamiento para verificar que no hay perdida de aislamiento.
40	MONTAJE TAPAS DEL GENERADOR Se colocan todas las tapas que se habían retirado al inicio del mantenimiento.
41	INSPECCION FINAL Una ves finalizado todos los trabajos y retirados todos las herramientas y personal se realiza una inspección final del generador.
42	SECADO DEL ALTERNADOR En el caso de mantenimiento normal se prenden los calefactores propios del generador.
43	ENSAYOS EN A.T. DEL ESTATOR Se realiza con C.C. y con C.A. antes de la puesta en marcha.
44	CONEXION FLEXIBLES NEUTRO Y SALIDA Después de los ensayos se conectan los flexibles de salida y neutro nuevamente, para después cerrar el ducto de barras
45	CONTROL SOLDADURA DE ESCUADRAS Desde hace algunos años, por recomendación del fabricante se controlan las soldaduras de las escuadras en las columnas de sujeción del estator.
46	CONTROL INTERFERENCIA LLANTA ROTORICA Las chapas del rotor del generador están sujetas a los rayos del rotor por medio de cuñas que se montaron precalentando el paquete de chapas. Estas chapas están apoyadas en los rayos. Para saber si el rotor tiene sus chapas firmemente ajustadas se mide la interferencia.
47	MEDICION CINTA CONDUCTORA BARRAS DEL ESTATOR Cuando se termina de realizar el acuñado de las barras del estator en las ranuras, se mide la resistencia que hay entre la pintura semiconductora de cada barra y el estator.
48	MEDICION DE AISLACION PRE ACUÑADO Antes de iniciar los trabajos en el estator se realiza una medición de la resistencia de aislamiento para observar como esta el bobinado.
49	LIMPIEZA Y AJUSTE FLEXIBLES SALIDA GENERADOR Los flexibles han presentado muestras de recalentamiento por falso contacto. Es necesario limpiarlos y pulir las superficies. A su vez en las barras se controlan los insertos y si estos no soportan los 12 kilos de ajuste, se cambian.
50	MEDICION DE AISLACION ROTOR DEL GENERADOR Con todos los polos conectados se controla la resistencia de aislamiento del rotor.

V. CONCLUSIONES

Todos los trabajos de mantenimiento se deben realizar integrando todos los recursos humanos y técnicos que sean necesarios, dentro y fuera de la organización. La integración no es total si no cuenta con la participación de la gente en todos los niveles. Se logra cuando los intereses generales superan los personales. Si esto no se cumpliera la sobrecarga de trabajo en algunos recursos deviene en el agotamiento personal y en el desinterés por alcanzar los objetivos. Se debe predicar con el ejemplo, actualmente, la información y el conocimiento están desarrollados en todos los niveles. La gente merece respeto acorde a sus condiciones y valorará convenientemente para la organización, el esfuerzo que se realice por parte de esta si es provechoso para el y su entorno.

No es suficiente querer tener el equipamiento funcionando correctamente y sin fallas, es necesario realizar las inversiones en mantenimiento adecuadas a las expectativas empresariales.

Para un activo que siempre produce lo mismo hay que mejorar el rendimiento, asegurando su funcionamiento y por lo general es mas barato mantener que comprar algo nuevo que rinda lo mismo. Por lo menos hasta que cumpla su ciclo de vida.

VI. REFERENCIAS

PMG - Generador de señal de velocidad
A.T. – Alta Tensión
C.A. – Corriente Alterna
C.C. – Corriente Continua
TXN – Transformador de Neutro
+16 – Nivel, Cota.

VII. BIOGRAFIA

Nombre: Roberto Dufrechou Ponte

Empresa: Comisión Técnica Mixta de Salto Grande

e-mail empresa: dufrechour@saltogrande.org

Uruguay: Casilla de Correo 68036-C.P.50000-SALTO

Títulos:

Técnico Especializado en Electrotecnia (IEME-UTU)

Ingeniero Tecnológico en Electrotecnia (UTU)

Certificaciones:

Gerente de Procesos – LATU

Trabajo: Comisión Técnica Mixta de Salto Grande

1977-1980 Asistente Técnico Especializado en Obras Electromecánicas

1980-1993 Montador Especializado en Equipos Eléctricos Auxiliares

1993-2008 Supervisor Mantenimiento Máquinas Eléctricas Principales

Afiliaciones:

AITU – Asociación de Ingenieros Tecnológicos del Uruguay

URUMAN – Sociedad Uruguaya de Mantenimiento

IEEE – Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

ATUSG – Asociación de Trabajadores Uruguayos de Salto Grande